



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**PENGARUH CAMPURAN ABU BATU BARA DENGAN TANAH  
LIAT PADA TEMPERATUR LELEH DAN KEKUATAN TEKAN  
DINGIN SEBAGAI BAHAN REFRAKTORI**

**TUGAS SARJANA**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1)**

**Di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro**

**Disusun oleh:**

**ACHMAD FAISOL**

**L2E 606 002**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

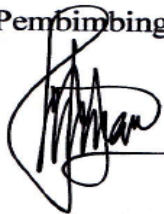
**SEMARANG**

**2012**

## TUGAS SARJANA

- Diberikan Kepada : Nama : Achmad Faisol  
NIM : L2E 606 002
- Dosen : 1. Ir. Sumar Hadi Suryo  
Pembimbing : 2. Ir. Yurianto, MT
- Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)
- Judul : **Pengaruh Campuran Abu Batu Bara dengan Tanah Liat Pada Temperatur Leleh dan Kekuatan Tekan Dingin Sebagai Bahan Refraktori**
- Isi Tugas : Mengetahui dan membahas komposisi atau kandungan mineral tanah liat dan abu batubara, dan memadunya untuk refraktori. Mencari nilai Seger Keigel (SK), temperatur leleh, dan kekuatan tekan dingin campuran. Menganalisa struktur mikro hasil campuran.

Pembimbing I



Ir. Sumar Hadi Suryo  
NIP. 195801021986031002

Semarang, April 2012

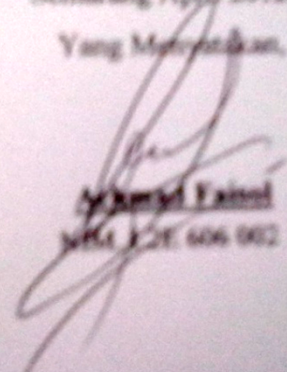
Pembimbing II



Ir. Yurianto, MT  
NIP. 195507271986031008

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Sarjana ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh sebutan keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah atau karya Tugas Sarjana ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang April 2012  
Yang Menandatangani,  
  
**Muhammad Faisol**  
NIM 1.21.606.002

## HALAMAN PENGESAHAN

Naskah Tugas Sarjana ini diajukan oleh:

Nama : Achmad Faisol

NIM : L2E 606 002

Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin

Judul : Pengaruh Campuran Abu Batu Bara dengan Tanah Liat  
Pada Temperatur Leleh dan Kekuatan Tekan Dingin  
Sebagai Bahan Refraktori

**Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

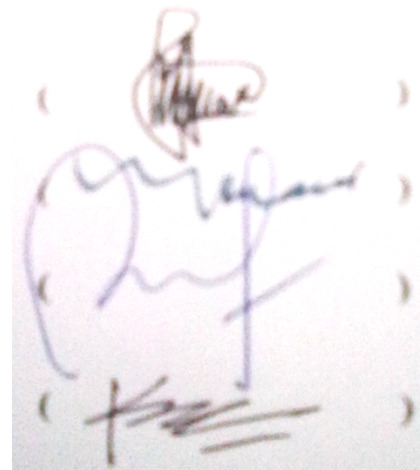
### TIM PENGUJI

Penguji I : Ir. Sumar Hadi Suryo

Penguji II : Ir. Yurianto, MT

Penguji III : Dr. Dipl. Ing. Berkah Fajar. TK

Penguji IV : Khoiri Rozi, ST, MT



Semarang, April 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Faisol  
NIM : L2E 606 002  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

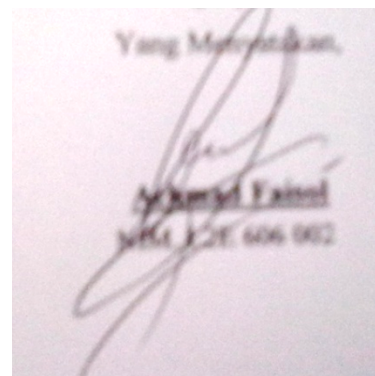
demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Pengaruh Campuran Abu Batu Bara dan Tanah Liat Terhadap Temperatur Leleh dan Kekuatan Tekan Dingin Sebagai Bahan Refraktori”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : April 2012



Yang Menyetujui,  
Achmad Faisol  
NIM L2E 606 002

## ***ABSTRACT***

Waste disposal challenges difficulty as we live in an era of constant change and industrial sector will always rapidly develop, that is one of more reason in research of waste utilization. In this research, coal ash and clay are the waste to be utilized which indicate the characteristic of refractory material composition. This research has objective to understand the effect of composition in melting temperatur and cold crush strength as refractory material. The prrocess were initialized by the drying of composition material (coal ash and clay), then dissolved asnd underwent screening which resulted in grain form of 50, 100, and 200 variable mesh. All materials then mixed by the ratio of 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, and 50:50 which use clay as the main component. Then the raw materials were formed using hidroulic press (5x5x5cm dimension). Heating temperatur phase is 1400 °C. specimens were analyzed and tested using Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) method, Pyrometric Cones Equivalent (PCE) method, and crush strength method. The results indicate that in both raw materials contain identic mineral which is SiO<sub>2</sub>. Test resulted that particular speciment exhibit melting point temperature at Seger keigel (SK) 15 (1430 °C) and cold crush strength at 22.71MPa (N/mm<sup>2</sup>) which claimed by speciment with 50:50 compostion and variable mesh of 200. Composition ratio between coal ash and clay affect the melting temperatur which classify speciment into Low Duty Refractory.

***Keywords:*** *coal ash, clay, refractory, pyrometric cone equivalent, cold crushing strength.*

## ABSTRAK

Permasalahan limbah yang sulit terpecahkan seiring dengan pesatnya kemajuan industri sekarang ini menjadi salah satu alasan dilakukannya studi pemanfaatan limbah menjadi barang berdaya guna tinggi. Dalam penelitian ini, abu batubara dan tanah liat merupakan dua obyek pemanfaatan limbah yang berdasarkan karakteristiknya berpotensi menjadi bahan alternatif pembuatan refraktori. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran pada temperatur leleh dan kekuatan tekan dingin sebagai bahan refraktori. Proses preparasi campuran dimulai dari proses penjemuran bahan baku (abu batubara dan tanah liat) hingga kering, kemudian ditumbuk atau digerus dan diayak sampai ke tahap *screening* hingga memperoleh ukuran serbuk *mesh* 50, 100, & 200. Semua bahan kemudian dicampur secara manual dengan variasi komposisi abu-tanah liat (%) 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, dan 50:50 dimana tanah liat menjadi komposisi utamanya. Selanjutnya sebelum campuran dibakar dilakukan proses pembentukan dengan metode cetak tekan menggunakan *hidraulic press* ( balok 5x5x5 cm). Suhu pembakaran dari campuran adalah 1400 °C. Analisa dan pengujian spesimen yang dilakukan antara lain: analisa unsur dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS), uji temperatur leleh *Pyrometric Cones Equivalent* (PCE), kekuatan tekan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dalam kedua bahan tersebut terdapat kandungan mineral yang sama yakni SiO<sub>2</sub>. Hasil pengukuran sifat-sifatnya menunjukkan harga temperatur leleh ada pada nilai *Seeger Keigel* (SK) 15 (1430 °C), komposisi abu batubara 50% : tanah liat 50% sebesar dan nilai kuat tekan dingin ( $\sigma$ ) maksimum (terbaik) ada pada variabel *mesh* 200, komposisi abu batubara 50% : tanah liat 50% sebesar 22.71 MPa (N/mm<sup>2</sup>). Pengaruh ukuran serbuk dan komposisi abu batubara dengan tanah liat memberikan nilai temperatur leleh dalam kategori kelas *Low Duty Refractory*, sedangkan nilai kuat tekan dingin cenderung meningkat.

**Kata kunci:** abu batubara, tanah liat, refraktori, *pyrometric cone equivalent*, kuat tekan dingin

## **PRAKATA**

Alhamdulillah, segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahNya kepada penulis, sehingga penyusunan Tugas Sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari, tanpa bantuan dari pihak lain Tugas Sarjana ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini, antara lain:

1. Ir. Sumar Hadi Suryo selaku Dosen Pembimbing I.
2. Ir. Yurianto, MT selaku Dosen Pembimbing II.
3. Pihak penyedia bahan baku abu batu bara dan tanah liat.
4. Civitas akademik dan lembaga yang membantu proses pengujian spesimen.
5. Rekan-rekan satu tim TA, (Pangky, Sumanto, dan Mierza ), termasuk angkatan 2006 Teknik Mesin UNDIP.
6. Semua pihak yang terkait, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki sehingga tentu saja penyusunan Skripsi ini jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis untuk masa yang akan datang.

Terakhir, dengan selesainya Tugas Sarjana ini berarti selesai pula masa studi penulis di Teknik Mesin UNDIP. Semoga sepenggal episode kehidupan penulis di kampus dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain dan dapat dijadikan persiapan untuk menjalani penggalan episode kehidupan selanjutnya Amin.

Semarang, April 2012

Penulis



*“kesabaran merupakan salah satu kunci dari kesuksesan”*

**Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk:**

*Ayah & Ibunda tercinta....*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>TUGAS SARJANA</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b>	
<b>TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	v
<b><i>ABSTRACT</i></b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	viii
<b>MOTTO</b> .....	ix
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan dan Manfaat .....	2
1.3. Perumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metode Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1. Abu Batubara .....	5
2.2. Tanah Liat/ lempung ( <i>Clay</i> ) .....	5
2.3. Screening .....	7
2.4. Refraktori .....	9

2.3.1. Jenis Batu Bata Refraktori .....	13
2.3.2. Refraktori Basa.....	15
2.3.3. Refraktori Monolitik .....	15
2.3.4. Refraktori <i>Castable</i> .....	16
2.5. <i>Refractoryness</i> .....	16
2.6. <i>Cold Crushing Strength (CCS)</i> .....	18

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Bahan Penelitian .....	20
3.1.1. Abu Batubara.....	20
3.1.2. Tanah Liat .....	20
3.2. Peralatan Penelitian .....	21
3.3. Alur Kerja Penelitian .....	24
3.4. Parameter Pengujian .....	28
3.5. Metode Pengujian yang Dilakukan .....	28
3.6. Pengujian Unsur Bahan.....	28
3.7. Prosedur Pengujian.....	29
3.8. Uji <i>Pyrometric Cone Equivalent</i> .....	29
3.10. Uji Kuat Tekan Dingin ( <i>Cold Crushing Strength</i> ).....	32
3.11. Uji SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	32

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Identifikasi Komposisi Bahan .....	35
4.1.1 Hasil Pengujian EDS Abu Batubara .....	35
4.1.2 Hasil Pengujian EDS Tanah Liat.....	36
4.2. Foto SEM Bahan Baku (BB : TL).....	37
4.3. Spesimen Uji .....	39
4.4. Pemilihan Ketahanan Panas Spesimen .....	40
4.5. Spesimen <i>Pyrometric Cone Equivalent</i> .....	40
4.5.1 Data uji nilai temperatur leleh spesimen .....	40
4.6. Kuat Tekan Dingin Spesimen .....	41

4.6.1. Data Uji Nilai Kuat Tekan Spesimen .....	42
4.6.2. Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan .....	42

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	44
5.2 Saran .....	44

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Hasil Uji Temperatur Leleh (*Pyrometric Cone Equivalent Test*) bagian 1.
- Lampiran 2. Data Hasil Uji Temperatur Leleh (*Pyrometric Cone Equivalent Test*) bagian 2.
- Lampiran 3. Data Hasil Uji Tekan
- Lampiran 4. Dokumentasi proses penelitian
- Lampiran 5. ASTM C 24 -01
- Lampiran 6. ASTM C 133 - 97

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Analisa dengan screen bertingkat.....	8
Gambar 2.2.	Tungku refraktori (Balai Basar Keramik, Bandung 2012) .....	10
Gambar 2.3.	Dinding bagian dalam tungku refraktori (Balai Basar Keramik, Bandung 2012) .....	11
Gambar 2.4.	Kerucut <i>pyrometric</i> (Balai Basar Keramik, Bandung 2012) .....	12
Gambar 3.1.	Abu batubara .....	20
Gambar 3.2.	Tanah liat .....	21
Gambar 3.3.	<i>Mesh</i> 200 .....	21
Gambar 3.4.	Mesin cetak tekan.....	22
Gambar 3.5.	Tungku pembakaran.....	22
Gambar 3.6.	Cetakan dan standar cone uji PCE .....	23
Gambar 3.7.	Alat Uji Tekan.....	23
Gambar 3.8.	Alat Uji SEM - EDS .....	24
Gambar 3.9.	Diagram alir persiapan bahan dan seleksi ketahanan panas.....	25
Gambar 3.10.	Diagram alir proses pembuatan spesimen .....	26
Gambar 3.11.	Diagram alir pengujian spesimen .....	27
Gambar 3.12.	Alat uji komposisi (SEM-EDS) .....	28
Gambar 3.13.	Diagram alir uji unsur .....	29
Gambar 3.14.	a & b Cetakan spesimen dan metode uji PCE.....	30
Gambar 3.15.	Diagram alir pengujian PCE .....	31
Gambar 3.16.	Alat uji tekan CCSCCTM tipe HT-8391.....	33
Gambar 3.17.	Diagram alir pengujian kekuatan tekan.....	34
Gambar 4.1.	Grafik analisa sampel abu batubara .....	36
Gambar 4.2.	Grafik analisa sampel tanah liat .....	37
Gambar 4.3.	Hasil foto SEM abu batubara .....	38
Gambar 4.4.	Hasil foto SEM tanah liat .....	38
Gambar 4.5.	Bahan uji <i>pyrometric cone equivalent</i> (PCE) .....	39
Gambar 4.6.	Bahan uji <i>cold crushing strength</i> (CCS) .....	39

Gambar 4.8. Grafik hubungan tegangan dengan regangan spesimen 1 .....43



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Standar ukuran <i>sieve</i> .....	7
Tabel 2.2.	Sifat-sifat refraktori (The Carbon Trust).....	10
Tabel 4.1.	Data hasil pengujian EDS pada abu batubara .....	35
Tabel 4.2.	Data hasil pengujian EDS pada tanah liat .....	36
Tabel 4.3.	Nilai SK (Seeger Keigel) spesimen .....	41
Tabel 4.4.	Gaya maksimum dan nilai kuat tekan spesimen .....	42

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

<u>Lambang</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
q	Laju perpindahan kalor	Watt
A	<i>Area</i> / Luas bidang	mm <sup>2</sup>
$\frac{\partial T}{\partial x}$	Temperatur <i>gradient</i> dalam arah perpindahan kalor	°C/m
k	Konduktivitas termal	W/mK
T	Suhu temperatur	°C
t	<i>Time</i> / Waktu	sec (detik)
	<i>Load</i> / Pembebanan	N (Newton)
F <sub>max</sub>	<i>Maximum Force</i> / Gaya Maksimum	N (Newton)
	<i>Stress</i> / Tegangan	MPa (N/mm <sup>2</sup> )
ε	<i>Strain</i> / Regangan	%
σ	Kuat Tekan	N/mm <sup>2</sup>

### Singkatan:

AB	= Abu Batubara
Si	= Silikon
TL	= Tanah Liat
PCE	= <i>Pyrometric Cones Equivalent</i>
Bal	= Balok
Sil	= Silinder
Kub	= Kubus
EDS	= <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i>
k <sub>s</sub>	= k standart
CCSCCTM	= <i>Computer Control Servohydraulic Concrete Compression Testing Machine</i>
SEM	= <i>Scanning Electron Microscope</i>

